

## VYUŽITÍ METODY TECHNICKO-EKONOMICKÉ ANALÝZY V ČESKÝCH SLÉVÁRNÁCH

V. NYKODÝMOVÁ<sup>1</sup>, M. HERZÁN<sup>2</sup>, Z. SYPTÁK<sup>3</sup>, V. KAFKA<sup>4</sup>

**ABSTRAKT:** Tento příspěvek seznamuje s relativně nenáročnou metodou technicko-ekonomické analýzy. Tato metoda přináší informace o zjištění potenciálního nákladového prostoru, jehož část je možné následně ušetřit. Cílem je zobecnění výsledků, výroby tekuté fáze na obloukové peci, získaných v podmínkách KPS Brno.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** technicko-ekonomická analýza, snižování nákladů, tekutá fáze

### 1 SOUČASNÝ PŘÍSTUP SLÉVÁREN K NÁKLADOVÉ REDUKCI

Ve většině sléváren se běžně při snižování nákladů používá obecný postup, kdy v prvním kroku se sníží počet zaměstnanců a externalizují se některé služby. Dále je snaha o nákup levnějšího materiálu (vsázkové komponenty, přísady, apod.) a šetření množství spotřebovaných energií (elektrická energie, plyn, atd.). V dalším kroku dochází ke zvýšení výroby se snahou snížit výši konstantních nákladů na jednici apod.

Dalším konkrétnějším krokem je optimalizace některých procesů, např. optimalizace vsázky. Důležitým charakteristickým rysem tohoto přístupu je:

- a) nahodilost prováděných zásahů,
- b) posuzování slévárny jako celku, nevyužívá se dílčích pohledů na náklady,
- c) nepřihlíží se k tomu, že slévárna je sice jedna výrobní jednotka, která se však skládá z relativně samostatných dílčích výrobních fází.

Výsledek výrobní činnosti dílčích výrobních fází lze zajistit několika různými výrobními postupy, které zajistí stejné splnění požadovaného zadání (např. příslušná teplota tekuté fáze, její příslušná analýza), ale téměř vždycky s různou nákladovou náročností. A velice často i s různou časovou náročností.

#### 1.1 DŮVODY APLIKACE RŮZNÝCH PRACOVNÍCH POSTUPŮ

Při postavení nové slévárny v celém svém komplexu se s přihlédnutím ke konkrétnímu stupni technologického vybavení výrobní jednotky a předpokládanému výrobnímu programu definoval určitý výrobní postup, který měl být v dané době realizován s minimálními náklady. Vzhledem k tomu, že slévárny byly pořízovány v různých časových obdobích, s různými finančními, prostorovými a jinými omezeními vyvinuly se rozdílné výrobní postupy a tím s různými náklady.

Postupem doby se s přicházející modernizací zaváděli různé nové technologie, racionalizační zásahy, apod. Tím došlo k situaci, že původní výrobní postup a jeho nákladová náročnost byly dosti výrazně změněny.

Ovšem rozdílnosti nejsou jen mezi jednotlivými slévárnami. Při posuzování jedné slévárny, kde je jednotný technologický předpis, stejné podmínky a používá se stejný výrobní postup, byly při

<sup>1</sup> Ing. Veronika Nykodýmová - Katedra slévárenství, FMFI, VŠB-TU Ostrava, Czech Republic

<sup>2</sup> Miroslav Herzán – Královopolská slévárna, s.r.o., Brno, Czech Republic

<sup>3</sup> Ing. Zdeněk Sypták – Královopolská slévárna, s.r.o., Brno, Czech Republic

<sup>4</sup> doc. Ing. Václav Kafka, CSc. – Racio & Racio, Orlová-Lutyně, Czech Republic

detailním šetření zjištěny rozdíly ve výrobních postupech a následně i rozdíly v nákladovosti. Ačkoliv zdánlivě vše vyhlíželo tak, že všichni pracují podle jednotného návodu a v řadě případů používají ISSO normy.

Tyto zjištěné rozdíly ve výrobních postupech jednoho podniku jsou dány řadou faktorů:

- a) Různými zaměstnanci, kteří předepsaný výrobní postup zajišťují (různé vzdělání, zaškolení, vlastní přístup k plnění úkolu, motivace, atd.)
- b) Různí zaměstnanci, kteří zajišťují předcházející výrobní fázi (např. vsázař jinak uloží vsázku v koši do EOP a dokonce z nějakých důvodů změni její skladbu, pak musí i tavič postupovat odlišně).
- c) Dalším faktorem je samotná konkrétní situace na jednotlivých pracovních směnách. Různá omezení vyplývají z ranní nebo noční směny. Stejně tak se obvykle pracuje s odlišnými výsledky v pondělí nebo v pátek, atd.
- d) Důležitá je existence průběžné kontroly dodržování pracovního postupu. Velice zajímavá je skutečnost, že v řadě případů se rozdíly mezi skutečně aplikovanými pracovními postupy projevují ve zdánlivých maličkostech, které jsou jak přehlíženy tak i tolerovány. Nákladový výsledek bývá však mnohdy velice významný.

Proto při snaze o nákladovou redukci musíme vycházet z dílčích výrobních fází. Na její zkoumání byla vyvinuta metoda technicko-ekonomické analýzy výrobního procesu.

## 1.2 ZÁKLADNÍ RYSY TECHNICKO-EKONOMICKÉ ANALÝZY

Aplikovaný výrobní způsob je posuzován s cílem najít cesty k nákladové redukci při zachování všech jeho funkcí. K tomuto účelu se výrobní postup „zobrazí“ výrobními soubory (tvořené naturálními ukazateli), který umožní jeho ocenění. Výběrové soubory např. u výroby tekuté fáze jsou tvořeny jednotlivými tavbami, při výrobě formovacích hmot jednotlivými operacemi míchání dílčích komponent, při výrobě kontislitků sekvencemi, atd.

Při sestavování jednic výběrových souborů dbáme na to, aby bylo možné:

- a) Nákladově ocenit výsledek celého výrobního procesu a jeho dílčí fáze (např. tuna tekuté fáze – tavení, oxidace)
- b) Dále zjištěné náklady výsledného produktu výrobního procesu i dílčích fází porovnat podle:
  1. různých osádek,
  2. pracovních směn,
  3. dnů v týdnu,
  4. různých časových období (měsíce v roce, apod.).
- c) Následně jsou vybrané nákladové a naturální ukazatele podrobeny statistické analýze. Tzn. jsou stanoveny střední hodnoty, hodnoty variability a reprodukovatelnosti. Stejně tak jsou hledány matematické závislosti mezi vybranými nákladovými a naturálními ukazateli. Podklady jsou doplněny grafickou částí (histogramy četnosti, znázornění intervalů četností, apod.).

Všechny takto připravené údaje slouží k vytipování nákladových rozdílů při zhotovování výrobku v dílčích fázích jeho výroby osádkami, pracovními směnami, atd. Zjištěné nákladové rozdíly po doložení jejich významnosti slouží jako námět pro následné šetření (např. zkrácení doby tavení při výrobě oceli na EOP) [1].

## 2 PRAKTICKÝ PŘÍKLAD TECHNICKO-EKONOMICKÉ ANALÝZY NA EOP

Předmětem posouzení je výrobní způsob výroby oceli na elektrické obloukové peci. Pro šetření byla zvolena jakost dle interního označení GS34CrMo4. Výběrový soubor obsahoval 30 taveb z roku 2006. Soubor taveb byl podroben testu na zjištění odlehklých hodnot, k tomuto účelu byl použit nástroj zvaný „box plot“. Hodnoceny byly spotřeba elektrické energie, hmotnost tavby, předváha, doba tavení. Na základě získaných výsledků byla vyřazena jedna tavba.



Předmětem analýzy se staly neúplné vlastní náklady (NVN) dané jakosti oceli. Pro účely analýzy byl sestaven kalkulační model NVN. U jednotlivých taveb byly do NVN zařazeny:

- vsázka a kovové přísady celkem,
- zpracovací náklady (tavíci elektrická energie, mzda pecní osádky, grafitové elektrody, analýza kovu, vyzdívka pece).

Následně bylo provedeno hodnocení výběrového souboru celkem a dvou dílčích výběrových souborů podle pecních osádek.

## 2.1 HODNOCENÍ NEÚPLNÝCH VLASTNÍCH NÁKLADŮ

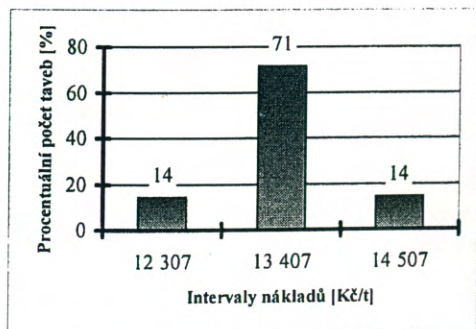
Z tabulky 1 vyplývá, že celkové neúplné vlastní náklady, činí v průměru 14 016 Kč/t tekutého kovu (ř.3, sl.2). U taviče A jsou průměrné NVN - 13 199 Kč/t (ř.1, sl.2) nižší než celkové NVN (o 817 Kč/t) a nižší než u taviče B (o 1 272 Kč/t). Uvedené zjištění považujeme za velice významné. Navíc interval spolehlivosti průměrů NVN se u taviče A od 12 688 Kč/t do 13 710 Kč/t (tab. 1, ř.1, sl.3,4) nepřekrývá s NVN taviče B od 13 757 Kč/t do 15 186 Kč/t (tab. 1, ř.1, sl.3,4).

**Tab. 1:** Vybrané ukazatele charakterizující výrobní postup tavení oceli na EOP

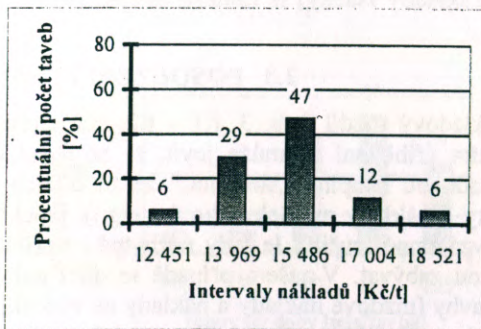
		Průměr	Interval spolehlivosti průměru		Variační koeficient
			min	max	%
ř./sl.	1	2	3	4	5
1	Tavič A	13 199	12 688	13 710	5
2	Tavič B	14 471	13 757	15 186	10
3	Celkem	14 016	13 497	14 535	10

Z obr. 1 je patrné, že 85 % taveb taviče A u NVN je do horní hranice 13 407 Kč/t, zatímco u taviče B (obr. 2) jsou NVN do horní hranice 13 969 Kč/t tvořeny pouze 35 % taveb. Z tohoto rozdělení vyplývá, že tavič B má celkově horší nákladové rozložení taveb. Neboli tavič A pracuje významně efektivněji. Naším úkolem je nyní zjistit ve kterých fázích je tavič A „lepší“. Cílem tohoto šetření bude pokusit se najít oblasti, ve kterých se budou moci ostatní osádky nákladově „přiblížit“ obecně kolektivu, který pracuje nejefektivněji.

Tyto zjištěné výsledky nabízí otázku co je příčinou toho, že u taviče B jsou značně vyšší náklady než u taviče A (asi o 10%). K odhalení příčin je třeba detailně prověřit vsázku a přísady, následně pak zpracovací náklady.



**Obr. 1:** Histogram četnosti NVN, tavič A



**Obr. 2:** Histogram četnosti NVN, tavič B



## 2.2 POSOUZENÍ NÁKLADŮ NA VSÁZKU A KOVOVÉ PŘÍSAKY

Celkové náklady na vsázku a přísady jsou ve výši 11 895 Kč/t tekutého kovu (tab. 2, ř.3, sl.2). Tavič A při celkovém posouzení nákladů na vsázku a přísady pracoval efektivněji než tavič B a to o 1 214 Kč/t což je 95 % z celkového nákladového rozdílu. Připomeňme si, že celkový nákladový rozdíl NVN mezi tavičem A a tavičem B byl 1 272 Kč/t. Intervaly spolehlivosti průměru se u tavičů se nepřekrývají viz tab. 2, sl. 3,4. Prvotní vznik této odchylky budeme hledat nejprve u vsázky a poté u přísad.

Porovnáním průměrných nákladů na vsázku u taviče A a taviče B, se podle očekávání zjistilo, že tavič B pracoval v průměru o 2 248 Kč/t s dražší vsázkou. Toto závažné zjištění bylo prvním konkrétním podnětem k dílčímu prošetření. Při posuzování intervalů spolehlivosti průměrných nákladů na vsázku (tab. 2, sl. 6,7) jsme konstatovali, že se nákladová rozpětí u tavičů nepřekrývají. Z tab. 3, sl. 6 vyplývá, že předváha dosahuje u taviče A a B 1 044 kg/t a 1 067 kg/t. Je patrné, že taviči pracují s odlišnou skladbou vsázky. Další krok vyžaduje porovnat přímo jednotlivé komponenty vsázky a posoudit příčiny vzniklé nákladové odchylky u taviče B. Položit si otázku proč mají rozdílnou skladbu vsázky. Zda k tomu existují racionální důvody. To je první výstup z naší analýzy.

**Tab. 2:** Vybrané ukazatele nákladů na vsázku a kovové přísady

		Vsázka a přísady Kč/t			Vsázka Kč/t			Přísady Kč/t		
		Průměr	Interval spolehlivosti průměru		Průměr	Interval spolehlivosti průměru		Průměr	Interval spolehlivosti průměru	
			min	max		min	max		min	max
ř./sl.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tavič A	11 112	10 593	11 630	6 702	5 381	8 023	4 410	3 536	5 283
2	Tavič B	12 326	11 658	12 994	8 950	8 206	9 695	3 376	2 852	3 899
3	Celkem	11 895	11 395	12 394	8 379	7 723	9 036	3 515	3 061	3 969

Náklady na přísady tvoří okolo 25 % z posuzovaných NVN. Proto aplikujeme stejný postup analýzy i pro kovové přísady. Výsledkem je zajímavé zjištění, tavič A pracuje s průměrnými náklady 4 410 Kč/t tekutého kovu (tab. 2, ř.1, sl.8) oproti taviči B 3 376 Kč/t (tab. 2, ř.2, sl.8). Rozdíl činí 1 034 Kč/t. To znamená, že tavič A dosahuje opačného nákladového výsledku než u vsázky. To dokládají obr. 3 a 4. Z obr. 3 je patrné, že většina taveb (86 %) u taviče A je v intervalu nákladů od 3 430 Kč/t do 5 060 Kč/t. U taviče B se v tomto rozmezí nachází pouhých 47 %, 53 % taveb je v daleko příznivější nákladové oblasti.

Zde docházíme k dalšímu doporučení a sice po dořešení prvního výstupu z naší analýzy (řešení odlišné skladby vsázky) se zaměřit na optimalizaci nákladů na kovové přísady.

## 2.3 POSOUZENÍ ZPRACOVACÍCH NÁKLADŮ

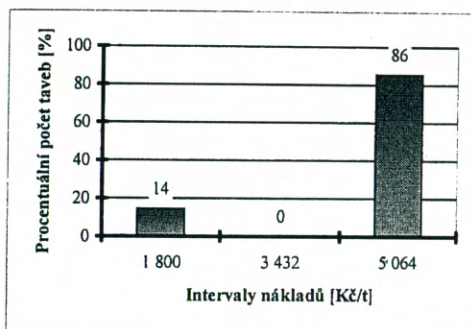
Nákladový rozdíl (tab. 3, ř.1 – ř.2, sl.2) zpracovacích nákladů mezi oběma taviči je 58 Kč/t. V prvním přiblížení se může jevit, že se jedná o nízkou možnost nákladové redukce. Jedná se o nákladovou skupinu „složenou“ ze tří dílčích nákladových položek (mzdové náklady, opravy výdusky a náklady na elektrickou energii), jejichž „zvýšení“ a „snížení“ oproti standardní výši se může vzájemně „rušit“. Je tedy nezbytné i s přihlédnutím k principu předběžné opatrnosti se touto položkou zabývat. V našem případě se dílčí položky zpracovacích nákladů modelují podle délky doby tavby (mzdové náklady a náklady na výdusku) a podle spotřeby elektrické energie (náklady na elektrickou energii), proto se budeme zabývat přímo těmito naturálními položkami.

Dalším krokem analýzy je posouzení nákladových položek úměrných době tavby. Z tab. 3, sl. 3 vyplývá, že rozdíl doby tavby (mezi oběma osádkami) je 13 min. Tato situace je dokumentována na obr. 5 a 6. Tavič A má více než 70 % veškerých taveb do 210 min. Tavič B má přes 50 % taveb delších než uvedená mez. Zjištěnou skutečnost považujeme za významnou. Proto jsme se následně zaměřili na separátní posouzení doby tavení, které představuje více cca dvě třetiny celkové doby tavby.

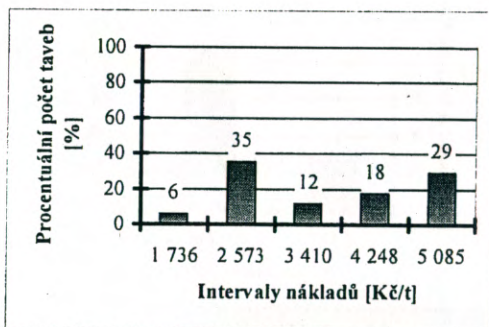


**Tab. 3:** Vybrané ukazatele charakterizující výrobní postup tavení oceli na obloukové peci

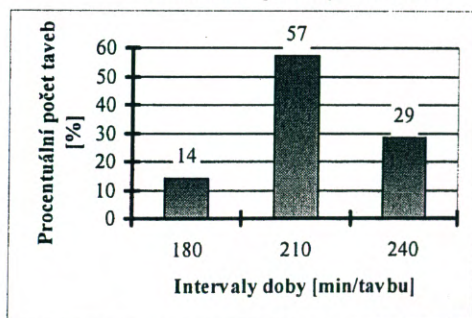
ř./sl.	1	Zpracovací náklady (Kč/t)	Doba tavby (min)	Doba tavení (min)	Spotřeba elektrické energie (kWh/t)	Předváha snižená o 1000 (kg/t)
		Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
1	Tavič A	2 087	206	135	1 207	44
2	Tavič B	2 145	219	143	1 228	67
3	Celkem	2 121	212	138	1 214	57



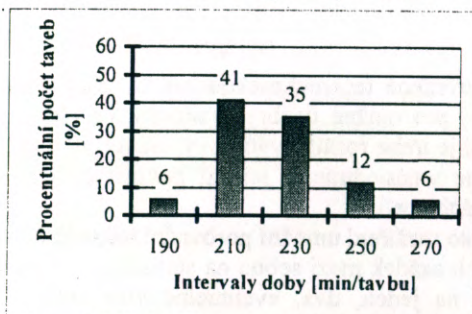
**Obr. 3:** Histogram četnosti nákladů na kovové přísady – tavič A



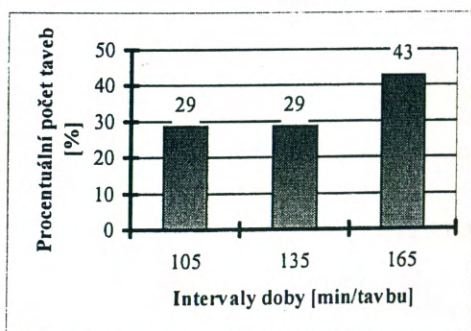
**Obr. 4:** Histogram četnosti nákladů na kovové přísady – tavič B



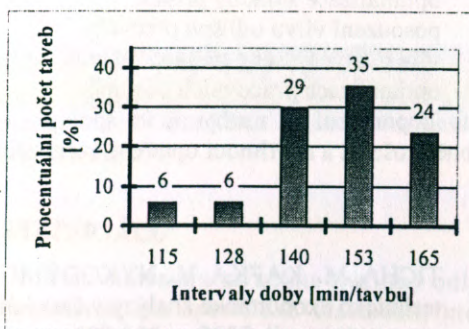
**Obr. 5:** Histogram četnosti doby tavby - tavič A



**Obr. 6:** Histogram četnosti doby tavby - tavič B



**Obr. 7:** Histogram četnosti doby tavení - tavič A

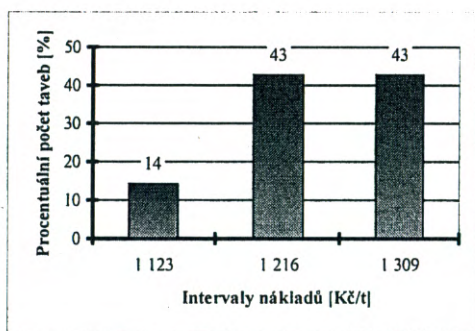


**Obr. 8:** Histogram četnosti doby tavení - tavič B

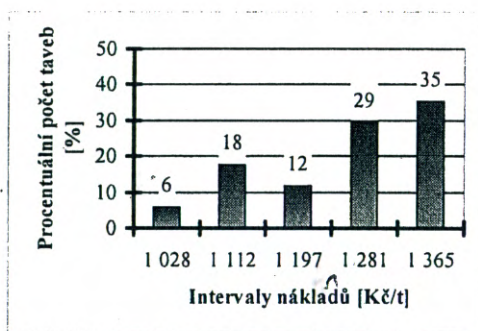
Posouzení doby tavení. Z tab. 3, sl. 4 vyplývá, že rozdíl mezi nejdelší dobou tavení a nejkratší je 8 min. Situace je dokumentována na obr. 7 a 8. Je patrné, že tavič A má v oblasti 135 – 165 min

43 % taveb, zbylých 57 % taveb leží pod hranicí 135 min. Naproti tomu u taviče B spadá do stejné oblasti 88 % taveb. Z uvedeného je patrné, že organizace tavicího údobí si vyžaduje také podobné separátní šetření. To je třetí výstup naší analýzy.

Posouzení spotřeby elektrické energie. Odchylka spotřeby elektrické energie mezi oběma taviči je 21 kWh/t tab. 3, sl. 5. Variační rozpětí spotřeb elektrické energie je rozsáhlejší a pohybuje se od 186 kWh/t až do 338 kWh/t a dosahuje tedy 152 kWh/t. Spotřeba elektrické energie u tavičů má značně rozdílné rozložení (obr. 9, 10). Tyto histogramy četnosti signalizují používání odlišných energetických režimů. To je důvod pro prověření spotřeby elektrické energie na tavně.



Obr. 9: Histogram četnosti nákladů na elektrickou energii – tavič A



Obr. 10: Histogram četnosti nákladů na elektrickou energii – tavič B

### 3 ZÁVĚR

Provedená technicko-ekonomická analýza signalizuje možný významný potenciální nákladový prostor pro možné úspory prakticky ve všech posuzovaných oblastech. K zpřesnění naznačených šetření je třeba rozšířit výběrový soubor 30 taveb na podstatně větší soubor (cca 300 taveb). Také se chceme v následujícím šetření pokusit zjištění předběžné signály z jedné jakosti ověřit na třech značkách oceli.

Toto rozšíření umožní porovnání nákladů na první a druhou tavbu ve směně, nákladové porovnání pecních osádek mezi sebou na statisticky významné úrovni. Dále porovnat náklady u taveb, které se tavily na jeden, dva, eventuálně více košů. A samozřejmě porovnat také náklady dosahované v jednotlivých pracovních dnech.

Získané výsledky provedené analýzy naznačují možná opatření v oblastech:

- optimalizace skladby přísad,
- posouzení vlivu odlišné předváhy,
- vliv různých energetických režimů,
- optimalizace pracovních postupů.

Tato doporučení je nezbytné ve spolupráci s pracovníky slévárny v následujícím sledování podrobně prošetřit a navrhnout opatření, která přinesou nákladovou redukci.

### 4 LITERATURA

- [1] TICHÁ, M., KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., URBAN, R.: Problematika využití metody technicko ekonomické analýzy v českých ocelárnách a slévárnách, Teorie a praxe výroby a zpracování oceli, 2007, s. 230-238

Práce byly řešeny za finanční podpory Grantové agentury ČR v rámci grantového projektu reg. č. 102/06/1322